

⑮ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 100 19 352 A 1**

⑤① Int. Cl.<sup>7</sup>:  
**B 63 H 11/02**  
B 63 H 11/12

⑳ Aktenzeichen: 100 19 352.8  
㉒ Anmeldetag: 18. 4. 2000  
㉓ Offenlegungstag: 7. 6. 2001

DE 100 19 352 A 1

⑥⑥ Innere Priorität:  
199 57 396. 4 29. 11. 1999

⑦① Anmelder:  
Heinig, Jürgen, Dr.-Ing., 03046 Cottbus, DE; Heinig,  
Claudia, 03046 Cottbus, DE

⑦② Erfinder:  
gleich Anmelder

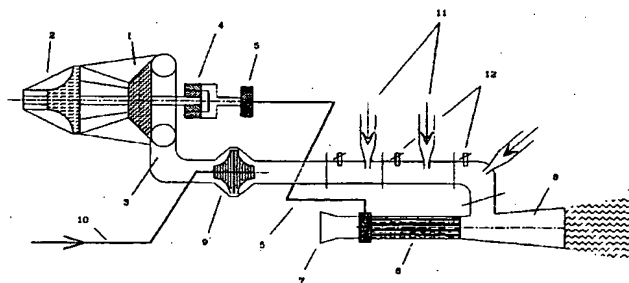
**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ Gasturbinenanordnung für Wasserfahrzeuge mit Hybridantrieb und Verfahren zur Erzeugung des Vortriebs

⑤⑦ Die Erfindung betrifft eine Gasturbinenanordnung für Wasserfahrzeuge mit Hybridantrieb, bei der der Turbinenabgasstrom zur zusätzlichen Impulserzeugung genutzt wird, im wesentlichen bestehend aus einem Luftverdichter, der Gasturbine, einem Turbinengetriebe, das mittels einer Pumpenkopplung mit einer Treibwasserpumpe in Wirkverbindung steht. Die Erfindung betrifft des weiteren ein Verfahren zur Erzeugung des Vortriebs für Wasserfahrzeuge mit Hybridantrieb.

Die Aufgabe, die anordnungsseitig darin besteht, daß der Wirkungsgrad der Gasturbine ohne Erhöhung des Treibstoffeinsatzes wesentlich verbessert werden soll, um eine Erhöhung der Vorschubgeschwindigkeit des Wasserfahrzeuges zu erreichen, wird dadurch gelöst, daß das Abgasrohr (3) der Gasturbine (1) in einer mit der Treibwasserpumpe (6) verbundenen Impulsmischdüse (8) endet, daß ein Turbostabilisator (9) zur Stabilisierung der Druckverhältnisse im Abgasrohr (3) und zur dynamischen Rückschlagsicherung angeordnet ist und daß das Abgasrohr (3) abstandsweise über die Rohrlänge verteilte Wasserinjektoren (11) zum gesteuerten Eindüsen von Wasser in den heißen Abgasstrom aufweist.



DE 100 19 352 A 1

## DE 100 19 352 A 1

1

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Gasturbinenanordnung für Wasserfahrzeuge mit Hybridantrieb, bei der der Turbinenabgasstrom zur zusätzlichen Impulserzeugung genutzt wird, im wesentlichen bestehend aus einer Gasturbine mit Luftverdichter, die mit einer Treibwasserpumpe in Wirkverbindung steht.

Die Erfindung betrifft des weiteren ein Verfahren zur Erzeugung des Vortriebs für Wasserfahrzeuge mit Hybridantrieb.

Der Einsatz von Gasturbinen im Schiffsbau ist bereits bekannt. Werden Schiffe mit Hilfe von Gas- oder auch Dampfturbinen angetrieben, kann gegenüber dem üblichen Einsatz von Dampfmaschinen infolge des Fortfalls der Kesselanlage und die daraus resultierende Gewichtseinsparung die Geschwindigkeit des Wasserfahrzeuges wesentlich erhöht werden.

Gasturbinen werden mit flüssigen Treibstoffen, wie Kerosin oder Dieselöl, betrieben. In der Regel kommen Ein- oder Zweiwellenturbinen zum Einsatz, wobei die Kopplung der Turbinenstufen mechanisch oder gasdynamisch erfolgt. Die Turbinen bestehen im wesentlichen aus einem Luftverdichter zur Komprimierung der Verbrennungsluft, dem Verbrennungsraum mit Einspritzdüsen und den Turbinenlaufrädern. Häufig wird ein Getriebe nachgeschaltet, um die hohen, gasdynamisch bedingten Umdrehungsgeschwindigkeiten auf eine technisch verwertbare Größe zu reduzieren. Die Turbinenabgase werden durch ein Abgasrohr geleitet und gelangen, sofern keine Kühler oder Wärmetauscher nachgeschaltet sind, mit einer Temperatur von mehr als 500°C ungenutzt in die Atmosphäre.

Nachteilig ist der vergleichsweise geringe Wirkungsgrad der Gasturbine gegenüber den Kolbenmotoren, was durch das Abblasen thermisch hoch beauflagter Turbinenabgase in die Atmosphäre bedingt ist.

Bekannt sind weiterhin Schiffsantriebe, die mittels thermischer Energie erzeugter Rotation über einen Direktantrieb mittels Schiffschraube (Propeller) oder einen Wasserstrahlantrieb (Impeller) den Vortrieb erzeugen.

In DE 197 39 445 A1 ist eine Anordnung zur Erzeugung eines Schiffsvortriebs offenbart, bei dem die Impulserzeugung dadurch erfolgt, daß ein in eine Mischdüse unter Druck zugegebener Wasserstrahl mittels eines Hochgeschwindigkeits-Gasstromes stark beschleunigt wird. Die Gaserzeugung erfolgt üblicherweise mit Lufterzeugern, die als Kompressoren oder Kreiselverdichter arbeiten.

Das Prinzip vorgenannter Impulserzeugung basiert darauf, daß zwar zusätzliche Preßluft als Treibgas erzeugt werden muß, die jedoch eine wesentliche Reduzierung der Treibwassermenge gestattet.

Aus DE 23 06 513 ist des weiteren ein Hybridantriebssystem für Schiffe bekannt, bei dem der Abgasstrahl der Gasturbine zur Energiebereitstellung genutzt wird. Hierbei erfolgt die Einspeisung von Preßluft und Gas in ein entkoppeltes Turbinensystem. Die Abgase der Turbine werden in eine Füllkammer geleitet und strömen in zwei Kanäle, die mit mehreren Auspuffschlitzen am stromabwärtigen Teil eines jeden Kanals versehen sind. Das Gas wird mit einströmendem Wasser vermischt, die Mischung durch eine Düse beschleunigt und durch den Impulsrotor wird dem Stömungsmittel kinetische Energie zugesetzt. Infolge des hohen Temperaturgefälles zwischen dem heißen Turbinenabgasen und dem kalten Impellerstrahl ist jedoch der Wirkungsgrad des Antriebes unbefriedigend, so daß diese Lösung bisher keiner wirtschaftlichen Verwertung zugeführt werden konnte. Nachteilig ist außerdem, daß Kavitationsschäden nicht zu vermeiden sind, da das Gas direkt in den Impellerbereich

2

eingetragen wird. Hinzu kommt, daß der Abgasstrahl infolge des Gegendruckes instabil wird, was zur Funktionsstörung der Gasturbine führen kann.

Aus Urlaub "Flugtriebwerke", Springer-Verlag 1995 ist bekannt, Wasser beziehungsweise ein Wasser-Methanol-Gemisch in die Gasturbine von Flugzeugen einzuspritzen, um eine kurzzeitige Schubsteigerung zu erreichen. Hierbei erfolgt die Einspritzung in den Verdichter-Luftstrom, also vor dem Verbrennungsvorgang. Dadurch erhöhen sich der Heißgasmassestrom und das Verdichter-Druck-Verhältnis, was insbesondere eine Startschubsteigerung von bis zu 25% bewirkt. Dies ist jedoch nur kurzzeitig möglich, da ansonsten die gasdynamischen Betriebsprozesse der Gasturbine nachhaltig gestört werden.

Bekannt sind weiterhin Turbolader, welche im Abgasstrom von Kolbenmotoren angeordnet werden, um mit Hilfe dieses Abgasstromes Frischluft anzusaugen und deren Druckerhöhung zu bewirken, welche zur Leistungssteigerung in den Verbrennungsraum der Kolbenmotoren geleitet wird. Der Abgasstrom der Kolbenmotoren wird hierdurch allerdings nicht stabilisiert.

Es ist deshalb Aufgabe der Erfindung, eine Gasturbinenanordnung für Wasserfahrzeuge mit Hybridantrieb konstruktiv so auszubilden, daß der Wirkungsgrad der Gasturbine ohne Erhöhung des Treibstoffeinsatzes wesentlich verbessert wird, um die Erhöhung der Vorschubgeschwindigkeit des Wasserfahrzeuges und/oder eine Gewichts- und Kostenreduzierung durch geringere Baugröße der Gasturbinenanordnung zu erreichen.

Es ist des weiteren Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren zur Erzeugung des Vorschubs für Wasserfahrzeuge anzugeben, mit welchem unter maximaler Ausnutzung der Gasturbinenenergie die Geschwindigkeit des Wasserfahrzeuges wesentlich erhöht werden kann.

Erfindungsgemäß wird anordnungsseitig die Aufgabe dadurch gelöst, daß das Abgasrohr der Gasturbine in einer mit der Treibwasserpumpe verbundenen Impulsmischdüse endet, daß ein Turbostabilisator zur Stabilisierung der Druckverhältnisse im Abgasrohr und zur dynamischen Rückschlagsicherung angeordnet ist und daß das Abgasrohr abstandsweise über die Rohrlänge verteilte Wasserinjektoren zum gesteuerten Eindüsen von Wasser in den heißen Abgasstrom aufweist.

Mit dieser erfindungsgemäßen Anordnung kann eine Erhöhung der Schubleistung auf mindestens das Doppelte erfolgen, ohne daß zusätzlich Energie zugeführt werden muß. Der üblicherweise "nutzlos" als Abgas in die Atmosphäre beförderte, mit hoher thermischer Restenergie beaufschlagte Abgasstrom wird genutzt, um dessen thermische Energie in Vortriebsenergie für den Schiffsvortrieb umzusetzen. Die volle Funktionsfähigkeit der Gasturbine wird durch die Anordnung des Turbostabilisators gewährleistet, welcher die Druckverhältnisse im Abgasrohr stabilisiert und ein Rückströmen des Abgases aus Druckerhöhung in den Brenneraum der Gasturbine verhindert, was zur Flammenlöschung führen könnte.

Nach einer vorzugsweisen Ausbildung der erfindungsgemäßen Anordnung ist jedem Wasserinjektor ein mit einer Prozeßsteuerung zusammenwirkender Gas-Sensor zugeordnet, der die jeweils einzudüsende Wassermenge in Abhängigkeit von Druck, Temperatur und Abgasmenge des Abgasstromes steuert.

Die Abgastemperatur verringert sich durch die über die Abgasrohrlänge abstandsweise hintereinander angeordneten Wasserinjektoren an jeder Einspritzstelle, während die Abgasmenge durch die zusätzliche Wasserdampferzeugung erhöht wird. Mit Anordnung der Gas-Sensoren wird eine geregelte, kontinuierliche Abgaskühlung bei gleichzeitiger Er-

## DE 100 19 352 A 1

3

höhung der Gasmenge und der Geschwindigkeit des Abgasstromes erreicht.

Erfindungsgemäß ist des weiteren vorgesehen, daß die Gas-Sensoren gleichzeitig der Steuerung des Turbostabilisators dienen, der ständig die Druckverhältnisse im Abgasrohr überwacht.

Erfindungsgemäß ist sowohl vorgesehen, daß der Turbostabilisator im Abgasrohr als auch in der Gasturbine angeordnet sein kann. Welche Anordnungsweise vorteilhafter ist, hängt vom jeweiligen konkreten Einsatzfall und der Turbinenkonstruktion ab.

Konstruktiv von Vorteil ist, wenn der Turbostabilisator einen gasdynamischen Antrieb aufweist, da hierfür der Abgasstrom als Antriebsmittel verwendet werden kann, so daß keine Fremdenergie zugeführt werden muß. Hier kann sowohl der volle Abgasstrom als auch nur ein Teilstrom und/oder Preßluft genutzt werden.

In speziellen Fällen kann es auch vorteilhaft sein, wenn der Turbostabilisator einen mechanischen, elektrischen und/oder ölhdraulischen Antrieb aufweist.

Nach einer anderen vorteilhaften Ausführungsform ist das Laufrad des Turbostabilisators derart ausgebildet, daß der Abgasstrahl eine Druckerhöhung erfährt.

Dies kann beispielsweise dadurch erfolgen, daß unterschiedlich gestaltete Laufräder auf der Saug- und Druckseite ausgebildet sind.

Für die Gewährleistung der vollen Funktionsfähigkeit der Gasturbinenanordnung ist es notwendig, daß der Turbostabilisator einen Fremdantrieb für den Fall einer Störung des gasdynamischen Regimes der Gasturbine aufweist.

Damit muß unter anderem verhindert werden, daß unerwünscht Wasser in das Abgasrohr und gegebenenfalls in die Gasturbine eindringen kann, bevor eine mechanische Rückschlagsicherung wirksam wird.

Der Turbostabilisator weist mehrere Funktionen auf. Zum einen dient er, wie bereits beschrieben, der Verhinderung des Abgasrückschlages, des weiteren wird er als Starthilfe während der Anlaufphase der Turbine bis zum Erreichen der vollen Leistungsfähigkeit genutzt, er dient der Druckstabilisierung im Abgasrohr und übernimmt die Funktion der Verhinderung des Eindringens von Wasser bei Gasturbinenstörung.

Verfahrensseitig wird die erfindungsgemäße Aufgabe dadurch gelöst, daß zusätzlich die thermische Energie des Abgasstrahles der Gasturbine durch wenigstens teilweise Umwandlung in kinetische Energie zur Impulserzeugung genutzt wird.

Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren wird unter konsequenter Ausnutzung der kinetischen und thermischen Energie des Abgasstromes ohne Zuführung weiterer Fremdenergie die Impulsleistung für den Hybridantrieb von Wasserfahrzeugen wesentlich erhöht.

Nach einer vorteilhaften Ausführungsform des Verfahrens wird die thermische Energie dadurch genutzt, daß in den Abgasstrahl der Gasturbine stufenweise eine in Abhängigkeit vom Abgasdruck und der Abgastemperatur voreingestellte Wassermenge eingeleitet wird, die den Abgasstrahl stufenweise auf eine vorgegebene Temperatur abkühlt, daß durch die Bildung von Wasserdampf die Gasmenge und die Geschwindigkeit des Abgasstromes im Abgasrohr erhöht werden und daß der gesamte Abgasstrom dem angesaugten Treibwasser als zusätzliches Schubmedium zugemischt wird.

Die kaskadenartige Einspritzung des Wassers in den sehr heißen Abgasstrahl führt zur kontinuierlichen Gaskühlung, zum Umwandeln eines großen Teils der thermischen Energie in kinetische Energie infolge der zusätzlichen Wasserdampferzeugung, die zu einer entsprechenden Volumen-

4

und Geschwindigkeitsvergrößerung des Abgasstromes im Abgasrohr führt. Damit wird sowohl die Masse als auch die Geschwindigkeit des Treibgases erhöht. Gleichzeitig übernimmt der Heißdampf die Funktion des Energieträgers, die im Abgasstrom enthaltene thermische Energie wird gezielt in Vortriebsenergie umgewandelt.

Zur Gewährleistung eines sicheren und stabilen Verfahrensablaufes ist erfindungsgemäß vorgesehen, daß die Druckverhältnisse im Abgasrohr gesteuert und stabilisiert werden.

Ebenso ist es für die volle Funktionsfähigkeit des Verfahrens notwendig, daß auch im Störfall ein Mindestdruck im Abgasrohr gewährleistet wird.

Die Erfindung soll nachfolgend anhand eines Ausführungsbeispiels näher erläutert werden. Die zugehörige Zeichnung zeigt eine schematische Darstellung der Gasturbinenanordnung.

Die Gasturbinenanordnung besteht im wesentlichen aus der Gasturbine 1 mit Luftverdichter 2 und Abgasrohr 3, dem Turbinengetriebe 4, das über eine ölhdraulische Pumpenkopplung 5 mit der Treibwasserpumpe 6 zusammenwirkt, die Wasser mittels eines Saugstutzens 7 ansaugt und als Hochdruckwasserstrahl einer Impulsmischdüse 8 zuführt. Das Abgasrohr 3 endet in der Impulsmischdüse 8.

Im turbinenseitigen Bereich des Abgasrohres 3 ist ein Turbostabilisator 9 angeordnet, der einen gasdynamischen Antrieb aufweist und als Antriebsenergie den Abgasstrahl nutzt. Zur Gewährleistung des gasdynamischen Regimes in der Gasturbine 1 besitzt der Turbostabilisator 9 eine externe Energiezufuhr 10, die das Betreiben des Turbostabilisators 9 auch für den Fall gewährleistet, daß die Gasturbine 1 Störungen erfährt. Der Turbostabilisator 9 verhindert, daß Wasser in das Abgasrohr 3 eindringt, bevor eine mechanische, in der Zeichnung nicht dargestellte, Rückschlagsicherung wirksam wird. Weiterhin dient der Turbostabilisator 9 als gasdynamische Rückschlagsicherung und der Druckstabilisierung im Abgasrohr 3.

Im Bereich zwischen Turbostabilisator 9 und Impulsmischdüse 8 sind hintereinander mehrere Wasserinjektoren 11 angeordnet, die gesteuert Wasser in den Abgasstrahl einspeisen. Die Steuerung erfolgt dabei über Gas-Sensoren 12, die mit einer in der Zeichnung nicht dargestellten Prozeßsteuerung zusammenwirken. Die Gas-Sensoren 12 erfassen sowohl die sich im Abgasrohr 3 ändernden Druckverhältnisse als auch die Temperatur des Abgasstromes und dessen Volumenerhöhung und wirken über die Prozeßsteuerung auch mit dem Turbostabilisator 9 zusammen.

Die Gasturbinenanordnung und damit das Verfahren zur Erzeugung des Vortriebs funktionieren wie folgt:

Der in den Brennraum der Gasturbine 1 eingespritzte Kraftstoff wird unter Zuführung von verdichteter Luft aus dem Luftverdichter 2 gezündet und über das Abgasrohr 3 als Abgasstrom bereitgestellt. Die Turbinenleistung wird über das Turbinengetriebe 4 und die ölhdraulische Pumpenkopplung 5 auf die Treibwasserpumpe 6 gegeben, die über den Saugstutzen 7 Wasser ansaugt und als Hochdruckstrahl zur Impulsmischdüse 8 weiterleitet.

Der Turbostabilisator 9, der durch die Ausbildung seiner Laufräder auch druckerhöhend ausgebildet sein kann, leitet den Abgasstrom in den Bereich der Wasserinjektoren 11, die eine durch die Gas-Sensoren 12 geregelte Wassermenge in den Abgasstrom einspeisen. Hier kommt es zur stufenweisen Abkühlung des Abgasstromes, gleichzeitig verdampft das eingedüste Wasser infolge der hohen Temperatur des Abgasstromes. Die Anzahl der Wasserinjektoren 11 richtet sich nach dem vorgesehenen Abkühlungsgrad des Abgasstromes. Der entstehende Wasserdampf bewirkt die Erhöhung des Abgasvolumens und führt aufgrund des gleichbleiben-

## DE 100 19 352 A 1

5

den Querschnittes des Abgasrohres zur Druck- und Geschwindigkeitserhöhung. Der Turbostabilisator 9 regelt die Druckstabilisation im Abgasrohr 3. Der in seinem Volumen wesentlich vergrößerte und verdichtete Abgasstrom wird in der Impulsmischdüse 8 mit dem Wasserstrahl vermischt, was zu einer wesentlichen Erhöhung der Schubkraft des Schiffsvortriebes führt.

## Bezugszeichenliste

- 1 Gasturbine
- 2 Luftverdichter
- 3 Abgasrohr
- 4 Turbinengetriebe
- 5 Pumpenkopplung
- 6 Treibwasserpumpe
- 7 Saugstutzen
- 8 Impulsmischdüse
- 9 Turbostabilisator
- 11 externe Energiezufuhr
- 11 Wasserinjektor
- 12 Gas-Sensor

## Patentansprüche

1. Gasturbinenanordnung für Wasserfahrzeuge mit Hybridantrieb, bei der der Turbinenabgasstrom zur zusätzlichen Impulserzeugung genutzt wird, im wesentlichen bestehend aus einem Luftverdichter und einer Gasturbine, die mit einer Treibwasserpumpe in Wirkverbindung steht, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Abgasrohr (3) der Gasturbine (1) in einer mit der Treibwasserpumpe (6) verbundenen Impulsmischdüse (8) endet, daß ein Turbostabilisator (9) zur Stabilisierung der Druckverhältnisse im Abgasrohr (3) und zur dynamischen Rückschlagsicherung angeordnet ist und daß das Abgasrohr (3) abstandsweise über die Rohrlänge verteilte Wasserinjektoren (11) zum gesteuerten Eindüsen von Wasser in den heißen Abgasstrom aufweist.
2. Gasturbinenanordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß jedem Wasserinjektor (11) ein mit einer Prozeßsteuerung zusammenwirkender Gas-Sensor (12) zugeordnet ist, der die jeweils einzudüsende Wassermenge in Abhängigkeit von Druck und Temperatur des Abgasstromes steuert.
3. Gasturbinenanordnung nach Anspruch 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Gas-Sensoren (12) gleichzeitig der Steuerung des Turbostabilisators (9) dienen.
4. Gasturbinenanordnung nach Anspruch 1 und einem der Ansprüche 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Turbostabilisator (9) im Abgasrohr (3) angeordnet ist.
5. Gasturbinenanordnung nach Anspruch 1 und einem der Ansprüche 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Turbostabilisator (9) in der Gasturbine (1) angeordnet ist.
6. Gasturbinenanordnung nach Anspruch 1 und einem der Ansprüche 2 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Turbostabilisator (9) einen gasdynamischen Antrieb aufweist.
7. Gasturbinenanordnung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß als Antriebsmedium für den Turbostabilisator (9) der Abgasstrom dient.
8. Gasturbinenanordnung nach Anspruch 1 und einem der Ansprüche 2 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Turbostabilisator (9) einen mechanischen Antrieb aufweist.

6

9. Gasturbinenanordnung nach Anspruch 1 und einem der Ansprüche 2 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß das Laufrad des Turbostabilisators (9) derart ausgebildet ist, daß der Abgasstrahl eine Druckerhöhung erfährt.

10. Gasturbinenanordnung nach Anspruch 1 und einem der Ansprüche 2 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß der Turbostabilisator (9) mit einer externen Energiezufuhr (10) ausgestattet ist.

11. Verfahren zur Erzeugung des Vortriebes für Wasserfahrzeuge mit Hybridantrieb, bei dem die Energiebereitstellung durch eine Gasturbine erfolgt, dadurch gekennzeichnet, daß zusätzlich die thermische Energie des Abgasstrahles der Gasturbine (1) durch wenigstens teilweise Umwandlung in kinetische Energie zur Impulserzeugung genutzt wird.

12. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß in den Abgasstrahl der Gasturbine (1) stufenweise eine in Abhängigkeit vom Abgasdruck und der Abgastemperatur voreingestellte Wassermenge eingeleitet wird, die den Abgasstrahl stufenweise auf eine vorgegebene Temperatur abkühlt, daß durch die Bildung von Wasserdampf Gasmenge und Gasdruck im Abgasrohr (3) erhöht werden und daß der beschleunigte Gasstrom dem angesaugten Treibwasser als zusätzliches Schubmedium zugemischt wird.

13. Verfahren nach Anspruch 11 und 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Druckverhältnisse im Abgasrohr (3) gesteuert und stabilisiert werden.

14. Verfahren nach Anspruch 11 und einem der Ansprüche 12 oder 13, dadurch gekennzeichnet, daß auch im Störfall ein Mindestdruck im Abgasrohr (3) gewährleistet wird.

---

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

---

- Leerseite -

ZEICHNUNGEN SEITE 1

Nummer:

Int. Cl.7:

Offenlegungstag:

DE 100 19 352 A1

B 63 H 11/02

7. Juni 2001

